

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

BRZINOMJER I PUTOMJER ZA BICIKL

Josip Bolkovac

agreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

BRZINOMJER I PUTOMJER ZA BICIKL

Mentor:

Prof. dr. sc. Dubravko Majetić

Student:

Josip Bolkovac

Zagreb, 2018.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno upotrebom znanja stečenih tijekom studija i navedene literature.

Zahvaljujem se svojoj obitelji, prvenstveno mami i tati, na pruženoj podršci i strpljivosti tijekom mog studija.

ahvaljujem se pro . dr. sc. Dubravku Majetiću, svom mentoru, na stručnom vodstvu, strpljivosti i svakoj pomoći prilikom izrade ovog završnog rada.

Zahvaljujem se višem laborantu Zvonku Grgecu na pomoći pri lemljenju i ispitivanju elektroničkog sklopa.

Josip Bolkovac



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Josip Bolkovac

Mat. br.: 0035195742

Naslov rada na
hrvatskom jeziku: Brzinomjer i putomjer za bicikl

Naslov rada na
engleskom jeziku: Bicycle speedometer and odometer

Opis zadatka:

Mjerenje brzine i prijedene udaljenosti cestovnih vozila od romobila, preko bicikla, motorkotača, pa sve do automobila i gospodarskih vozila, čest je zadatak koji rješavaju inženjeri mehatronike. U ovom radu treba projektirati sklop za mjerenje i prikaz brzine kretanja i prijedene udaljenosti bicikla.

U radu treba načiniti sljedeće:

1. Projektirati sklop za ugradnju na kotač bicikla, a koji na osnovu okretanja kotača izračunava brzinu bicikla i njegov prijedeni put.
2. Napisati programsku podršku za izračun potrebnih vrijednosti koje bi se pokazivale na LED zaslonu.
3. Početni sklop proširiti i doraditi programsku podršku kako bi se mogao prikazivati i pohranjivati ukupan prijedeni put bicikla kao i prijedena pojedinačna željena ruta.
4. Izvesti zaključke rada.

Zadatak zadan:

30. studenog 2017.

Zadatak zadao:

Prof.dr.sc. Dubravko Majetić

Rok predaje rada:

1. rok: 23. veljače 2018.

2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2018.

3. rok: 21. rujna 2018.

Predvideni datumi obrane:

1. rok: 26.2. - 2.3. 2018.

2. rok (izvanredni): 2.7. 2018.

3. rok: 24.9. - 28.9. 2018.

Predsjednik Povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	IV
POPIS O NAKA	V
SAŽETAK.....	VI
SUMMARY	VII
1. UVOD.....	1
2. DIJELOVI SUSTAVA	3
2.1. Mikroprocesor ATmega1284 1	3
2.2. Releji Omron SPST-NO G2RK-1A	4
2.3. Hallov magnetski senzor VMA313 3	7
2.4. LCD zaslon 16x2 GDM1602E-FL-YBS/EE 4	7
2.5. Matrična tipkovnica [5].....	8
2.6. Tiskana pločica.....	9
2.7. Cjenik dijelova	10
3. PROJEKTIRANJE SUSTAVA 4	12
3.1. Shema sklopa	12
3.2. Shema tiskane pločice	12
3.2.1. Gornji i donji bakreni sloj	13
3.2.2. Gornji i donji sloj za stop masku i kositrenje.....	15
3.2.3. Sloj za rezanje	16
3.2.4. Gornji sloj s oznakama.....	16
3.3. Cijena izrade.....	17
3.4. Izrađena tiskana pločica	17
4. LEMLJENJE.....	19
5. KUĆIŠTE	22
6. PROGRAM.....	29
7. RAD UREĐAJA.....	31
8. ZAKLJUČAK.....	32
LITERATURA.....	34
PRILO I.....	35

POPIS SLIKA

Slika 1.	Smještaj <i>pinova</i> na mikroprocesoru	4
Slika 2.	Izgled i dimenzije releja 2	6
Slika 3.	Smještaj zavojnica i raspored rupa za tiskanu pločicu, pogled odozdo [2]	6
Slika 4.	Hallo magnetski senzor 3	7
Slika 5.	Dimenzije LCD zaslona 4	8
Slika 6.	Shema LCD zaslona 4	8
Slika 7.	Matrična tipkovnica 4x3	9
Slika 8.	Shema ispravljača napona	12
Slika 9.	Shema tiskane pločice	13
Slika 10.	Gornji bakreni sloj tiskane pločice	14
Slika 11.	Donji bakreni sloj tiskane pločice	14
Slika 12.	Gornji sloj stop maske	15
Slika 13.	Donji sloj stop maske	15
Slika 14.	Gornji sloj s oznakama	16
Slika 15.	Gornja strana tiskane pločice	17
Slika 16.	Donja strana tiskane pločice	18
Slika 17.	alemljeni SMD dijelovi	19
Slika 18.	Drugi korak lemljenja	20
Slika 19.	Dovršena pločica	21
Slika 20.	Drvena kutijica	22
Slika 21.	Rupe za vijke	23
Slika 22.	Osigurana tiskana pločica	23
Slika 23.	Drvene pregrade	24
Slika 24.	Uležištena baterija	24
Slika 25.	Hallov senzor spojen na pločicu	25
Slika 26.	LCD zaslon	26
Slika 27.	Matrična tipkovnica	27
Slika 28.	Zatvoreno kućište	28

POPIS TABLICA

Tablica 1. Svojstva mikroprocesora ATmega1284	3
Tablica 2. Svojstva Hallovoeg senzora	7
Tablica 3. Svojstva matrične tipkovnice	9
Tablica 4. Cjenik dijelova.....	10
Tablica 5. Cijena izrade.....	17
Tablica 6. Cijena kutijice.....	22

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

1 Brzinomjer i putomjer za bicikl

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
-	KB	kilobajt, mjerna jedinica količine memorije
-	°C	mjerna jedinica temperature, stupanj Celzijev
-	Hz	mjerna jedinica rekvencije, Hertz
-	m	mjerna jedinica duljine
-	g	mjerna jedinica mase
-	V	mjerna jedinica napona
PDIP	-	Plastic Dual In-Line Body, plastično kućište procesora s pinovima na lijevoj i desnoj strani
SMD	-	<i>Surface Mount Device</i> , uređaj koji se postavlja i pričvršćuje na površinu tiskane pločice
EEPROM	KB	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
<i>s</i>	m	prijeđeni put
<i>s_uk</i>	m	ukupni prijeđeni put
<i>d</i>	in	promjer kotača
<i>t</i>	s	vrijeme između dva uzastopna signala
<i>v</i>	m/s	brzina
ISP	-	<i>In-system programming</i>
PCB	-	<i>Printed Circuit Board</i>

SAŽETAK

Ovaj se rad bavi projektiranjem i izradom brzinomjera i putomjera za bicikl. U prvom se dijelu rada obrazlaže odabir bitnih dijelova sustava i njihova svojstva. Obrazlaže se i važnost temeljnog koncepta po kojemu se cijeli brzinomjer radi.

Drugi dio prikazuje oblikovanje tiskane pločice i njezin konačni izgled, lemljenje elektroničkih dijelova na nju i opis rada programa koji gotovi sklop rabi za izračun i prikaz traženih vrijednosti.

Ključne riječi: brzinomjer, putomjer, bicikl, Hallov senzor, tiskana pločica, mikroprocesor, ATmega1284

SUMMARY

This thesis deals with the design and construction of a bicycle speedometer and odometer. The choice of important system parts and their characteristics are explained in the first part of the thesis. In addition, the basic concept of speedometer design as well as its importance are analyzed.

The second part presents the stages in the design of the circuit board, its finished assembly, soldering of electronic components on the circuit board, and the description of the operation program used to calculate and display the sought values.

Keywords: speedometer, odometer, bicycle, Hall effect sensor, circuit board, microprocessor, ATmega1284

1. UVOD

Od traganja za hranom i skloništem na početku do prijevoza robe i turističkih putovanja danas, čovjeku je priroda njegovog svijeta odredila kretanje. Kako je napredovao, čovjek je sebi kao pomoć osmislio i izradio različita vozila i uređaje, čineći si put bržim, sigurnijim i udobnijim.

Brzinomjer i putomjer dva su primjera uređaja bez kojih mnogi pogoni, vozila i uređaji ne bi dobro radili. Izmjere koje nam daju služe za usporedbu, kontrolu i upravljanje raznovrsnim procesima, od kontrole brzine proizvoda na pokretnoj traci do pronalaženja kraćeg, jeftinijeg ili boljeg puta između odredišta.

Bicikl je primjer vozila koje nema vlastiti brzinomjer, ali kojeg rabi mnoštvo ljudi. Pogon na jednog čovjeka ima svoje prednosti u velikim gradovima i neizbježnim prometnim gužvama. Možda nema udobnost vlaka ili sigurnost zrakoplova, ali jeftin je, ovisi samo o onom tko ga vozi, pruža jedan vid užitka vožnje i „brine“ o zdravlju svog vozača.

Brzinu i prijeđeni put bicikla danas nije problem mjeriti. GPS može biti upotrijebljen i na zasebnom uređaju i u sklopu mobitela, a nema manjka onih koji vole putovati biciklom u većim razmjerima od gradske vožnje.

Međutim, što bi bilo kad bi se htio izraditi vlastiti digitalni brzinomjer i putomjer, ali koji se neće oslanjati na izvanjske sustave? U ovom je radu prikazana izrada takvog uređaja.

Zamišljeni bi uređaj put i brzinu mjerio i izračunavao pomoću opsega kotača bicikla i signala koji dolazi s Hallovog magnetskog senzora. Svaki put kad bi senzor registrirao prolazak magneta pričvršćenog na kotač, a to bi se dogodilo pri svakom punom okretu kotača, slao bi signal elektroničkom sklopu. Sklop bi obradio signal i programski izračunao put i brzinu u tom trenutku.

Put bi bio jednostavniji za mjerenje jer bi se svakim signalom postojećoj varijabli puta samo pribrojio opseg kotača, tj. put prijeđen jednim okretom kotača. Brzina bi se izračunavala dijeljenjem opsega kotača vremenom koje bi proteklo između dva uzastopna signala.

Opisani bi se uređaj postavio na volan bicikla, a Hallov senzor na okvir kotača na koji bi bio stavljen prateći magnet. Međusobno bi bili povezani kabelom.

Ukupni prevaljeni put i promjer kotača jedini su podaci koji bi se trajno čuvali i spremali između više uključivanja uređaja. Promjer zato što bi bilo naporno pri svakom paljenju unositi

istu vrijednost, a ukupni prijeđeni put kako bi se moglo vidjeti upravo to, ukupni prijeđeni put od prvog paljenja uređaja.

Sama bi točnost uređaja, ako se pretpostavi da senzor neće preskakati očitavanje magneta zbog međusobne udaljenosti, titranja ili kojeg drugog razloga, trebala biti dobra. Izmjereni bi put za vrijeme jednog ciklusa rada uređaja imao toleranciju od oko dva opsega kotača, a to slijedi iz nemogućnosti da se zna položaj kotača prije prvog i nakon posljednjeg signala. Dakako, greška na koju se mora računati jest i greška zaokruživanja prilikom izračuna traženih vrijednosti, pogotovo brzine.

Usprkos mogućim greškama, uređaj bi trebao biti prihvatljiv običnom biciklistu, a ozbiljniji i profesionalni biciklisti imaju druga rješenja za problem mjerenja brzine i puta, kao što je već rečeno.

2. DIJELOVI SUSTAVA

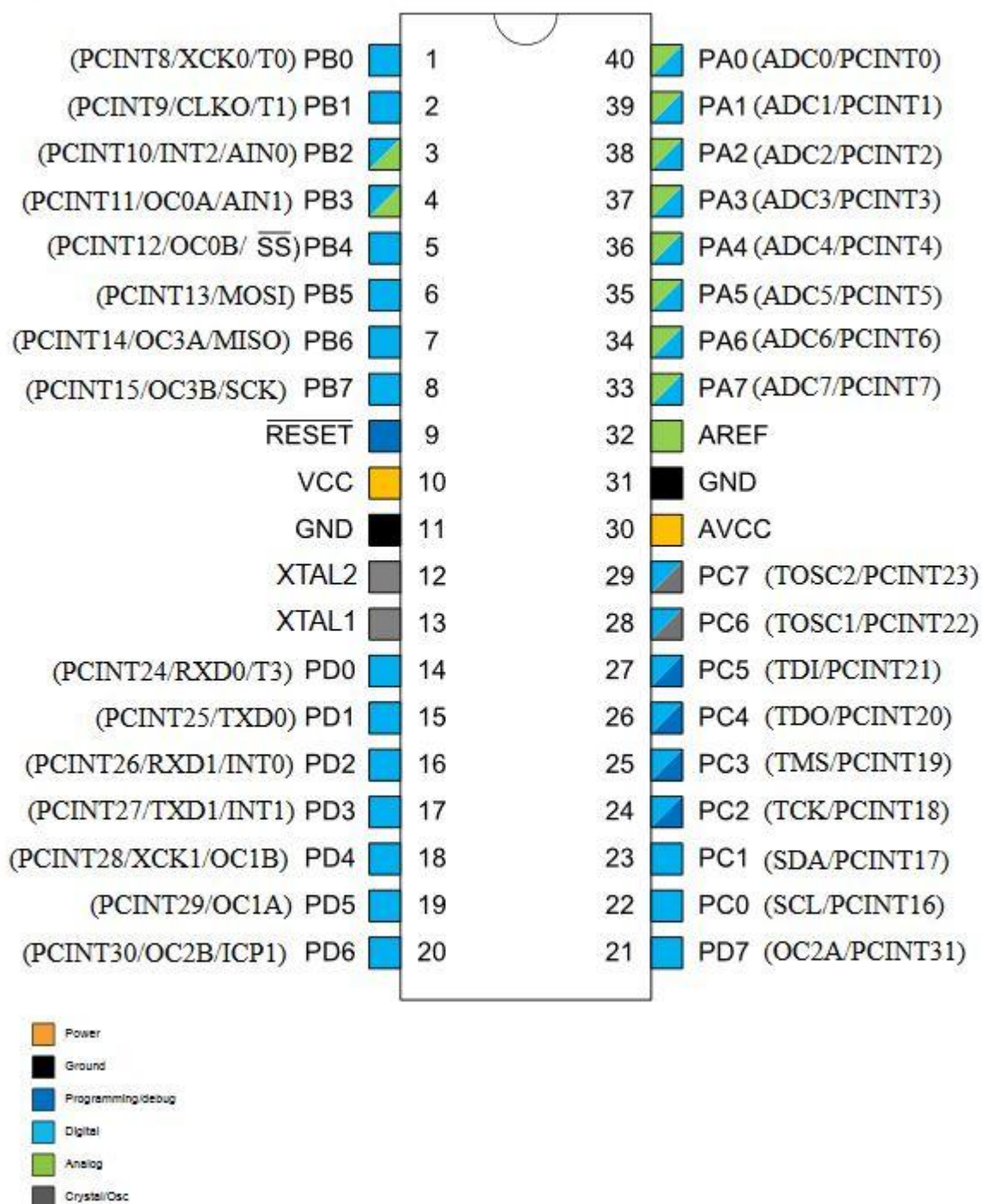
2.1. Mikroprocesor ATmega1284 [1]

Srce sustava čini Microchipov mikroprocesor ATmega1284. Odabran je zbog male potrošnje, brzog izvođenja programa, velike programabilne memorije i dovoljnog broja ulazno-izlaznih veza (*pinova*), kao što se vidi u tablici 1. Također je cjenovno dostupan.

Prikladan je i za radni okoliš u kojem će se nalaziti. Ima široki temperaturni raspon pri kojem može raditi, a to omogućuje rad uređaja u svakom godišnjem dobu. Može podnijeti i titranje bicikla na kojem će cijeli uređaj biti pričvršćen, što je bitna odlika za neometani rad.

Tablica 1. Svojstva mikroprocesora ATmega1284

ATmega1284	
Broj I/O <i>pinova</i>	32
Izvedba	PDIP
<i>Flash</i> memorija	128 KB
EEPROM memorija	4 KB
Brzina	20 MHz
Temperaturni raspon	od -40°C do 85°C
Napajanje	1.8 - 5.5 V

PDIP

Slika 1. Smještaj pinova na mikroprocesoru

2.2. Releji Omron SPST-NO G2RK-1A

Uključiti uređaj vrlo je jednostavno, samo mu treba dovesti napon. Međutim, gašenje je problematično. Ako bi se napajanjem upravljalo preko obične sklopke, pri svakom bi se

gašenju mikroprocesora gubili podaci, prvenstveno prijeđeni put. To je štetno za mikroprocesor i ne odgovara željenom radu uređaja.

Releji je savršeno rješenje jer njime može upravljati sam mikroprocesor, ali bilo je i najteže odabrati odgovarajući. Uvjet odabira odredilo je napajanje i način spajanja releja s ostatkom sustava.

Prvi je uvjet bio napon zavojnice releja. Pošto cijeli sustav radi na 5 volta, napon zavojnice pri kojem se ona magnetizira dovoljno za pomicanje kontakta mora imati jednaku nazivnu vrijednost.

Potrošnja čini drugi uvjet. Releji ne smije trošiti naponski izvor za vrijeme rada uređaja, nego samo pri njegovom paljenju i gašenju. Drugim riječima, releji smije biti trošilo samo kad se magnetiziraju zavojnice za pomicanje kontakta.

Iz drugog uvjeta proizlazi treći: postojanost stanja releja. Bio kontakt otvoren ili zatvoren, smije se pomaknuti samo kad se uključi zavojnica. Ni u jednom drugom slučaju ne smije promijeniti svoje stanje, ni uslijed udaraca, ni uslijed titranja.

Bistabilni releji ispunjava prethodna dva uvjeta. Nije trošilo kad nema napona na zavojnicama i ostaje u posljednjem zadanom stanju.

Četvrti je uvjet odvojenost upravljačkih strujnih krugova. Kod bistabilnih releja postoje dvije izvedbe zavojnica: releji s jednom zavojnicom i releji s dvije zavojnice. I jedna i druga izvedba obično imaju polarizirane zavojnice pa je važno znati u kojem smjeru teče struja kroz strujni krug na koji se releji spaja.

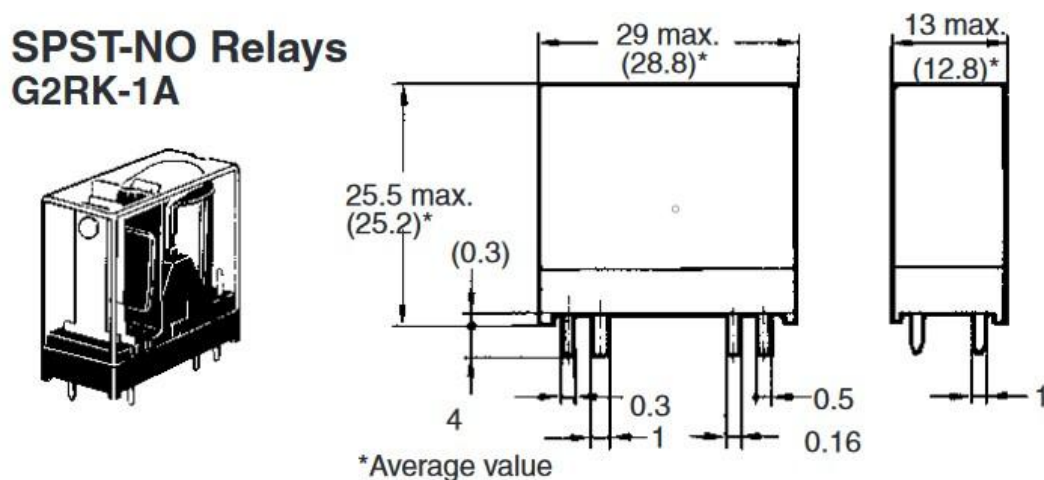
Releji s jednom zavojnicom zatvara kontakt pri jednom smjeru struje, a otvara ga pri suprotnom. Složeniji je za spajanje u strujni krug jer se struja mora usmjeravati preko većeg broja dioda i tranzistora. Zbog fizičke veze između strujnih krugova za paljenje i gašenje releja postoji opasnost da struja proteče kroz krivi strujni krug i uništi elektroniku na tom dijelu.

Releji s dvije zavojnice nema takvih problema. Dvije zavojnice omogućuju jednostavnije spajanje i fizički odvajaju strujni krug za paljenje od strujnog kruga za gašenje releja. Obje zavojnice imaju isti polaritet. Releji su fizički veći od prethodno navedenog, ali to ne predstavlja problem u ovom slučaju.

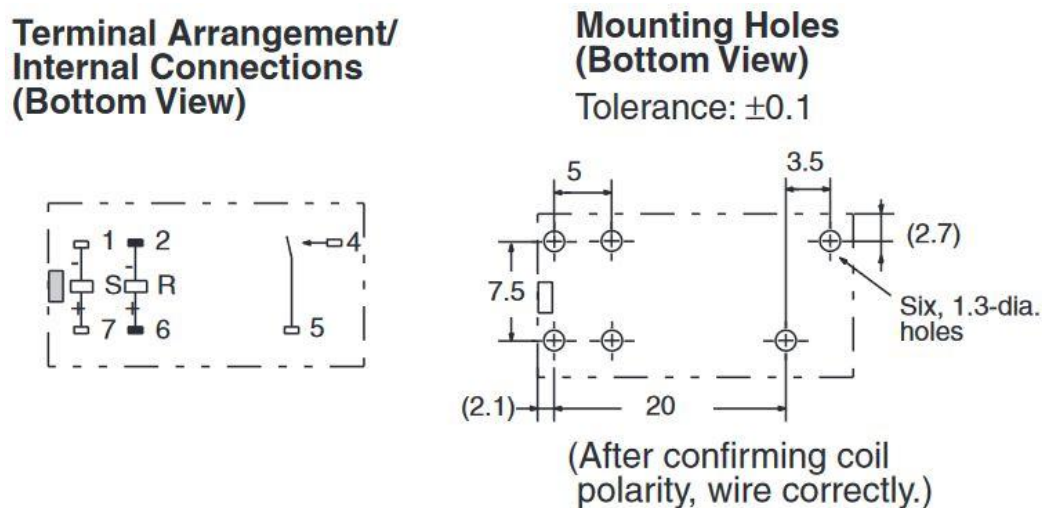
Omronov releji SPST-NO G2RK-1A ispunjava sve gore navedene uvjete. To je releji koji jednim ulazom (*single pole*, SP) upravlja jednim izlazom (*single throw*, ST), a početno je

stanje tog izlaza otvoreno (*normally open*, NO). Broj zavojnica u ovom slučaju nema veze s brojem ulaza. 2

Na slici 2. pokazane su njegove dimenzije, a na slici 3. pogled s donje strane na položaj kontakata, polaritet zavojnica i položaj rupa. Položaj rupa odnosi se na rupe na tiskanoj pločici u koje ulaze kontakti releja.



Slika 2. Izgled i dimenzije releja [2]



Slika 3. Smještaj zavojnica i raspored rupa za tiskanu pločicu, pogled odozdo [2]

2.3. Hallov magnetski senzor VMA313 [3]

Ovo je senzor kojim se prati okretanje kotača. Malen je i lagan pa je njime jednostavno rukovati, kao što piše u tablici 2. Generira signal kad se u blizini nađe dovoljno jako magnetsko polje, primjerice kad mu se približi magnet.

U ovom će slučaju služiti kao detektor okretanja kotača bicikla za izračun puta i brzine.

Tablica 2. Svojstva Hallovog senzora

Hallov magnetski senzor	
Napajanje	5 V
Signal	Schmittov okidač
Dimenzije	25 x 15 mm
Masa	2 g

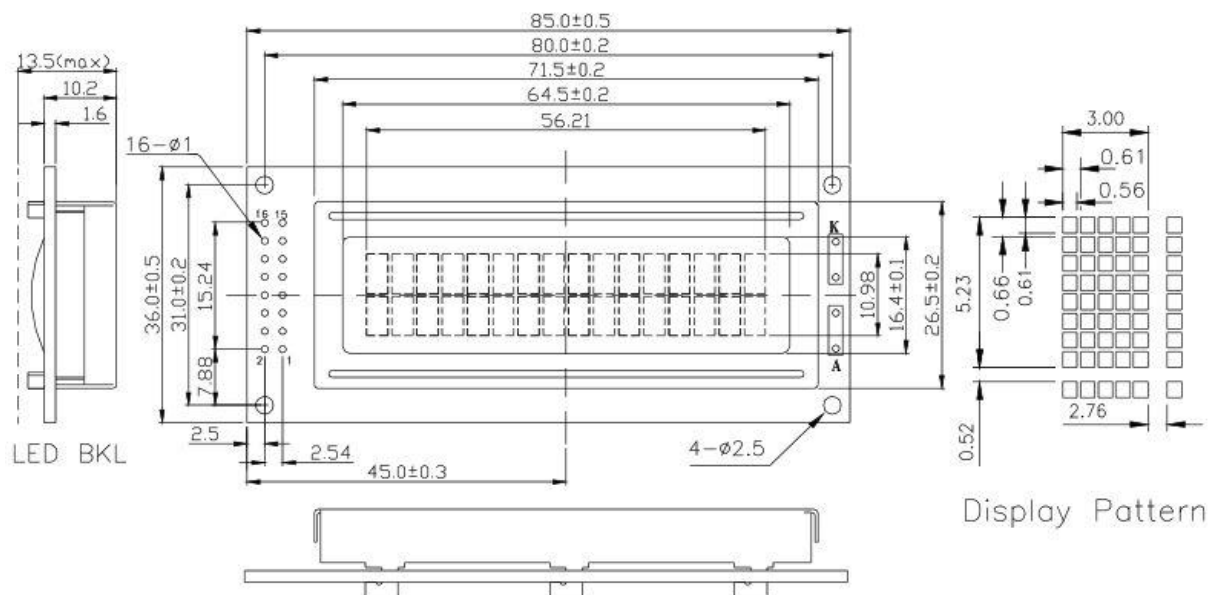


Slika 4. Hallov magnetski senzor [3]

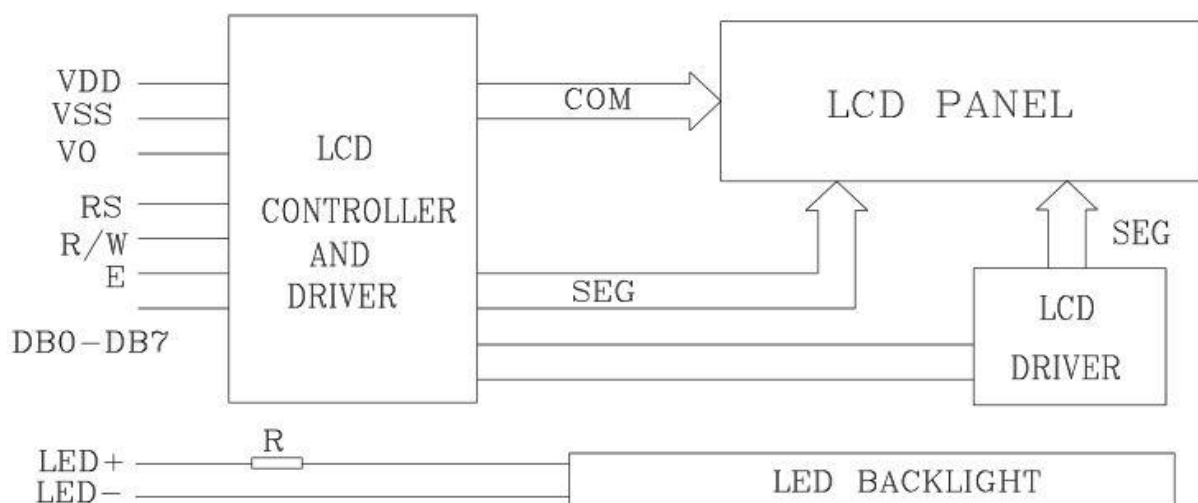
2.4. LCD zaslon 16x2 GDM1602E-FL-YBS/EE [4]

Ovaj je LCD zaslon prikladan za uređaj jer mu je nazivno napajanje 5 volti. Za prikaz ispisa ima dva reda od šesnaest znamenki i mogućnost pozadinskog osvjetljenja. Njegove su dimenzije prikazane na slici 5. , a shema na slici 6.

Radi jednostavnosti i zbog male količine podataka, rabit će se četverobitni način rada LCD-zaslona. To omogućuje upotrebu kabela s manje veznih žica između zaslona i tiskane pločice, tj. mikroprocesora na pločici.



Slika 5. Dimenzije LCD zaslona [4]



Slika 6. Shema LCD zaslona [4]

2.5. Matrična tipkovnica [5]

Kao korisničko sučelje služi matrična tipkovnica Velleman VMA300. Odabrana je zbog male mase, malih dimenzija i niske potrošnje. Tipkovnica je prikazana na slici 7. , a njena svojstva u tablici 3.



Slika 7. Matrična tipkovnica 4x3

Tablica 3. Svojstva matrične tipkovnice

Dimenzije	7 x 7,7 x 0,1 cm
Veza	7-pinski kabel
Duljina kabla	9 cm
Težina	6,25 g

2.6. Tiskana pločica

Tiskana pločica služi mehaničkom i električkom spajanju svih elektroničkih dijelova u smislenu i preglednu cjelinu. Izrađuje se od pločice izolatorskog materijala na koju je s jedne ili s obje strane nanesen sloj bakra.

Elektronički dijelovi povezani su bakrenim stazama koje se rade jetkanjem, nagrivanjem nezaštićenog bakra, a same se dijelove mehanički i električki na pločicu spaja lemljenjem.

Navedeni su postupci opisani u kasnijim poglavljima.

2.7. Cjenik dijelova

U tablici 4. navedeni su svi upotrijebljeni dijelovi i njihove cijene. Potrebno je napomenuti da se sitnije dijelove ne može naručiti pojedinačno, nego u većoj količini.

Tablica 4. Cjenik dijelova

Naziv	Dobavljač	Jedinična cijena (kn)	Količina	Ukupna cijena (kn)
Atmel ATmega1284	Altpro	41,01	1 kom.	41,01
Omron SPST-NO G2RK-1A	Altpro	49,73	1 kom.	49,73
Cr stal 16 MHz, 18 pF, SMD	Altpro	4,14	1 kom.	4,14
Trimmer SMD, 10 K Ω	Altpro	11,48	1 kom.	11,48
Fototranzistor 570 nm, T-1	Altpro	3,56	1 kom.	3,56
Hallova magnetski senzor	Chipoteka	39,00	1 kom.	39,00
Dioda	Chipoteka	0,18	3 kom.	0,54
Kondenzator keramički 18 pF	Chipoteka	1,23	2 kom.	2,46
Kondenzator keramički višeslojni 0,1 mF	Chipoteka	0,75	1 kom.	0,75
Kondenzator tantal 0,47 mF	Chipoteka	2,41	1 kom.	2,41
Otpornik 20 Ω	Chipoteka	0,39	1 kom.	0,39
Otpornik 1 K Ω	Chipoteka	0,26	2 kom.	0,52
Otpornik 10 K Ω	Chipoteka	0,26	1 kom.	0,26
Tranzistor BC546B	Chipoteka	0,65	1 kom.	0,65
Tranzistor BC556B	Chipoteka	0,58	1 kom.	0,58
Ravni strip konektor muški 40	Chipoteka	3,75	1 kom.	3,75
Kutni strip konektor muški 40	Chipoteka	3,75	1 kom.	3,75
Podnožje DIL 40	Chipoteka	2,75	1 kom.	2,75
Bužir termo	Chipoteka	4,00	1 m	4,00

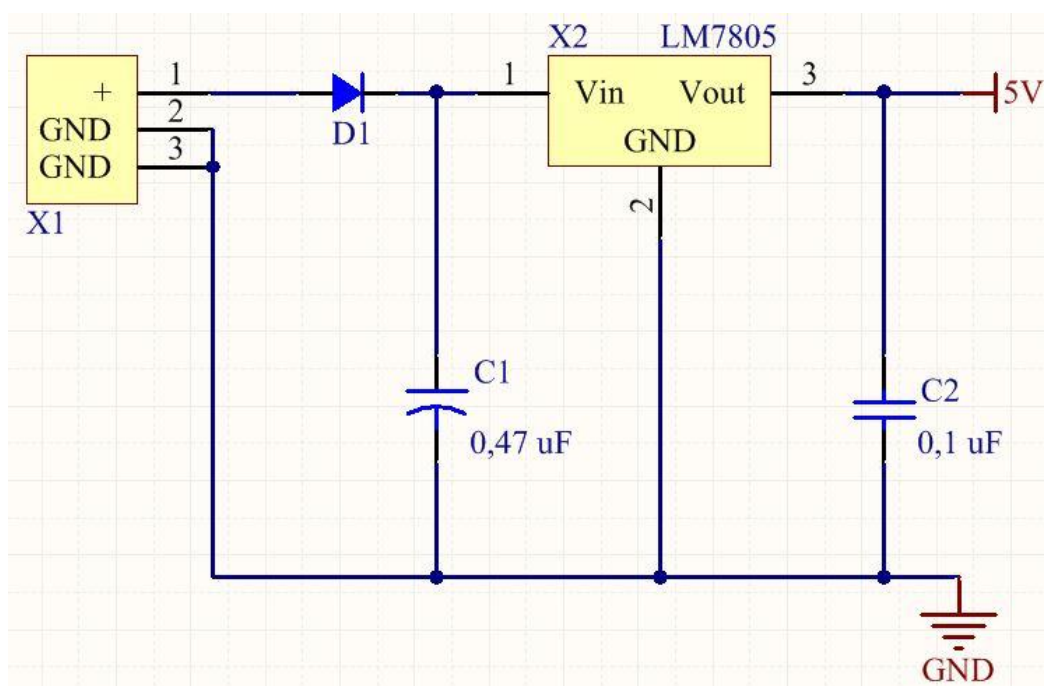
Spojne žice 40 pins 30 cm	Chipoteka	29,00	1 kom.	29,00
Tipkovnica 3x4 matrix membrane ke pad	Chipoteka	25,00	1 kom.	25,00
OPTO LCD GDM 1602-FL- YBS-/EE	Chipoteka	41,84	1 kom.	41,84
Mrežni utikač za pločicu, Cli FC 68148	Chipoteka	5,00	1 kom.	5,00
Mrežna utičnica	Chipoteka	4,00	1 kom.	4,00
Tipka Omron B3F-4000	Chipoteka	2,65	2 kom.	5,30
Odstojnik M-Ž M3 x 10 mm	Chipoteka	2,04	4 kom.	8,16
Matica M3	Chipoteka	0,10	4 kom.	0,40
Upušteni imbus vijak M3 x 10 mm	Bauhaus	1,00	4 kom.	4,00
Baterija Industrial 9V Duracell professional	Chipoteka	20,00	1 kom.	20,00
Mikro onski kabel 2X0	Elmatis d.o.o.	12,00	2 m	24,00
				338,43

3. PROJEKTIRANJE SUSTAVA [6]

3.1. Shema sklopa

U dostupnim se programima prvo izrađuje shema cijelog sklopa. Dijelovi se međusobno spajaju u smislenu cjelinu i daju im se brojčane vrijednosti, npr. otporniku se zadaje vrijednost otpora. Ovdje valja paziti da se ulazi i izlazi složenijih dijelova točno povežu jer greške mogu uzrokovati probleme pri kasnijem spajanju dijelova i programiranju sklopa. Ako neki dio nema svoju shemu, korisnik ju sam izrađuje.

Shema ispravljača napona, koja je sama dio sheme cijelog sklopa, prikazan je na slici 8.

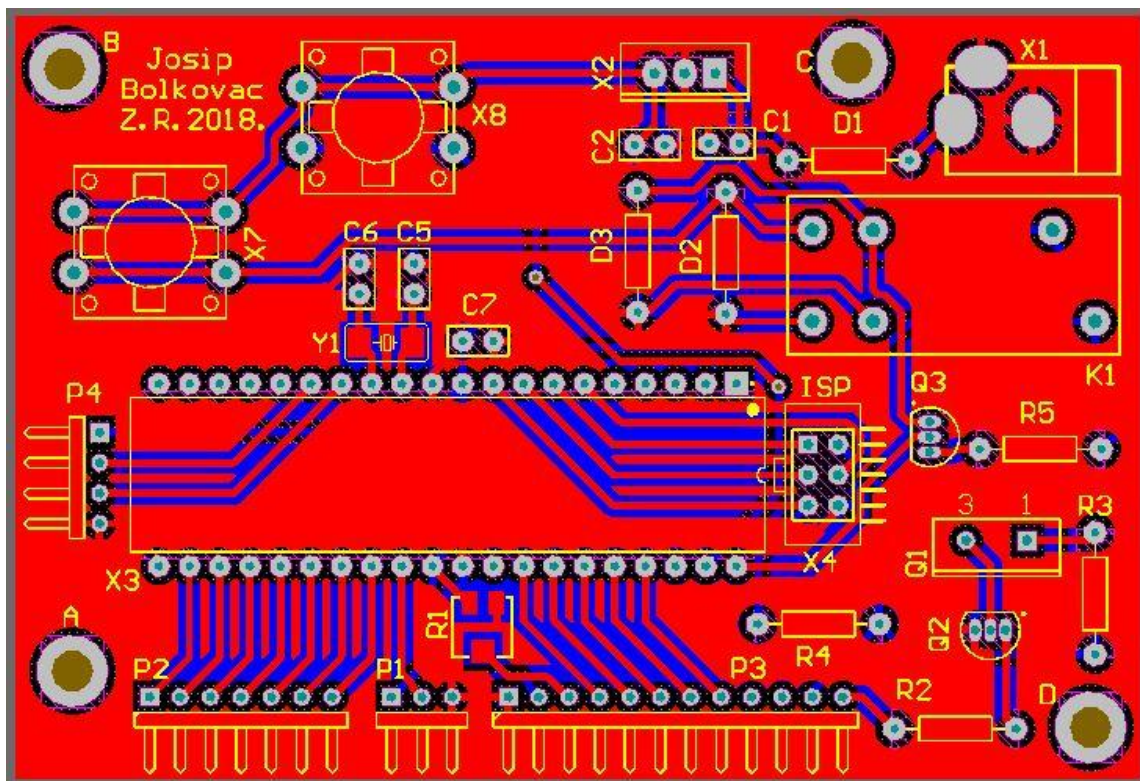


Slika 8. Shema ispravljača napona

3.2. Shema tiskane pločice

Nakon izrade i provjere, shema se programom prevodi u PCB shemu s dostupnim modelima dijelova i vezama među njima. Korisnik sam mora rasporediti dijelove i povezati ih vodovima. Ako koji dio nema računalni model ležišta za tiskanu pločicu, korisnik ga mora sam oblikovati prema tehničkoj dokumentaciji dostupnoj na stranicama proizvođača.

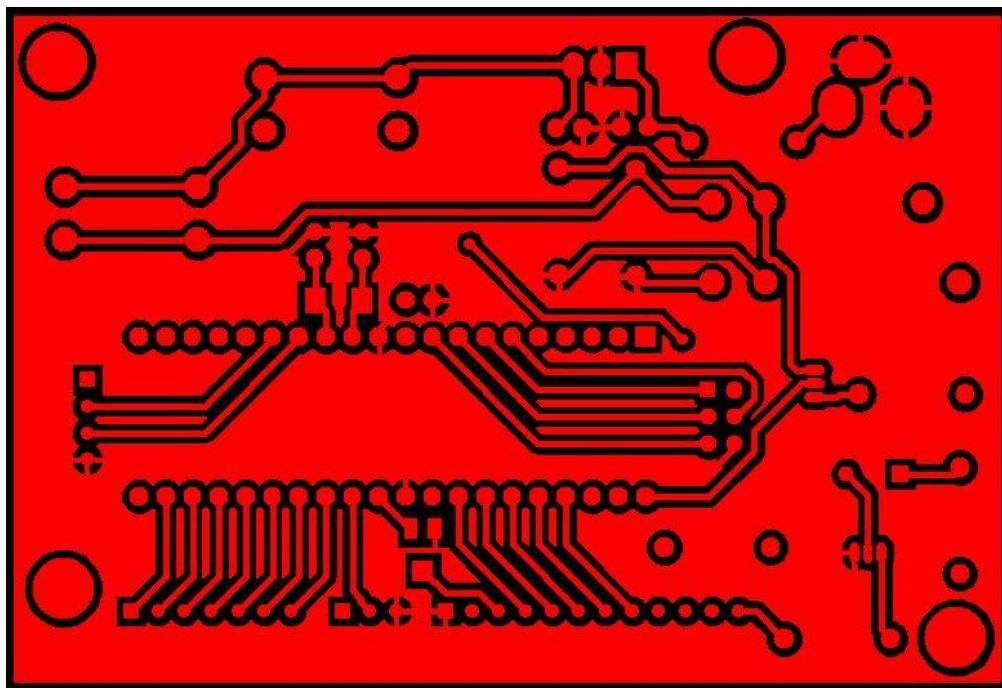
Dovršena shema tiskane pločice prikazana je na slici 9, a zasebni su slojevi objašnjeni i prikazani u narednim potpoglavljima.



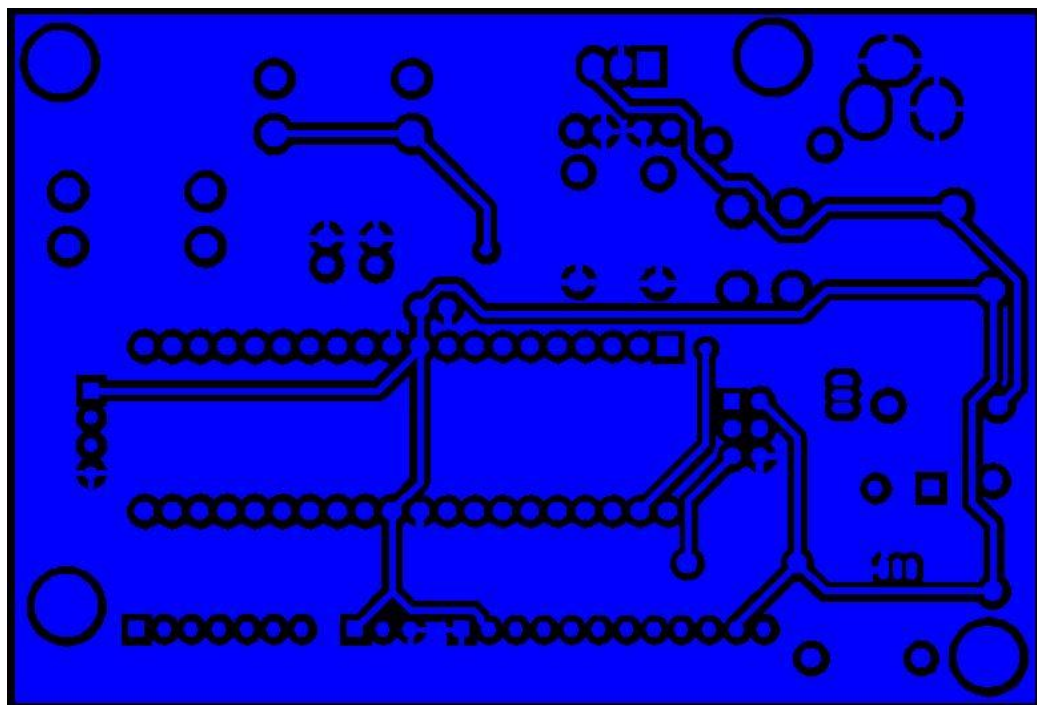
Slika 9. Shema tiskane pločice

3.2.1. Gornji i donji bakreni sloj

Gornji i donji sloj tiskane pločice predstavljaju izgled bakrenih slojeva i vodič za jetkanje nove pločice. Na slikama 10. i 11. vide se svi naponski i podatkovni vodovi. Bakrena masa oko vodova služi kao uzemljenje.



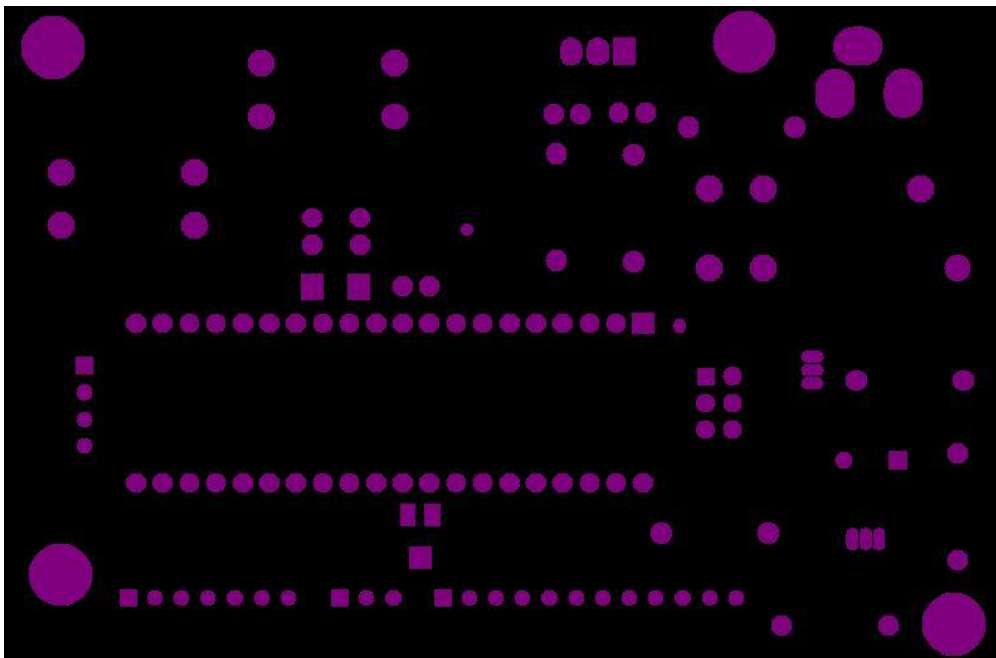
Slika 10. Gornji bakreni sloj tiskane pločice



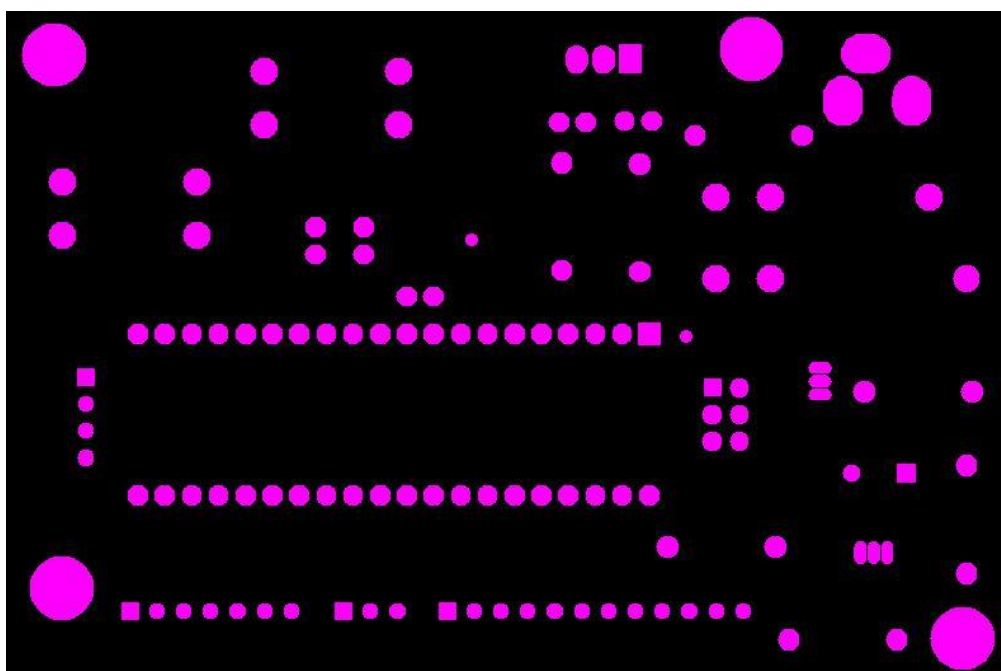
Slika 11. Donji bakreni sloj tiskane pločice

3.2.2. Gornji i donji sloj za stop masku i kositrenje

Kako bakreni sloj ne bi s vremenom oksidirao i na druge načine nastradao u radnim uvjetima, nužno ga je prekriti zaštitnim slojem. Takvi su slojevi prikazani na slikama 12. i 13.



Slika 12. Gornji sloj stop maske



Slika 13. Donji sloj stop maske

Zaštitni sloj ne prekriva cijeli bakreni sloj. Vezna su mjesta otvorena i njih se štiti kositrom. Slojevi prikazani na prethodnim slikama rabe se i za nanošenje sloja kositra.

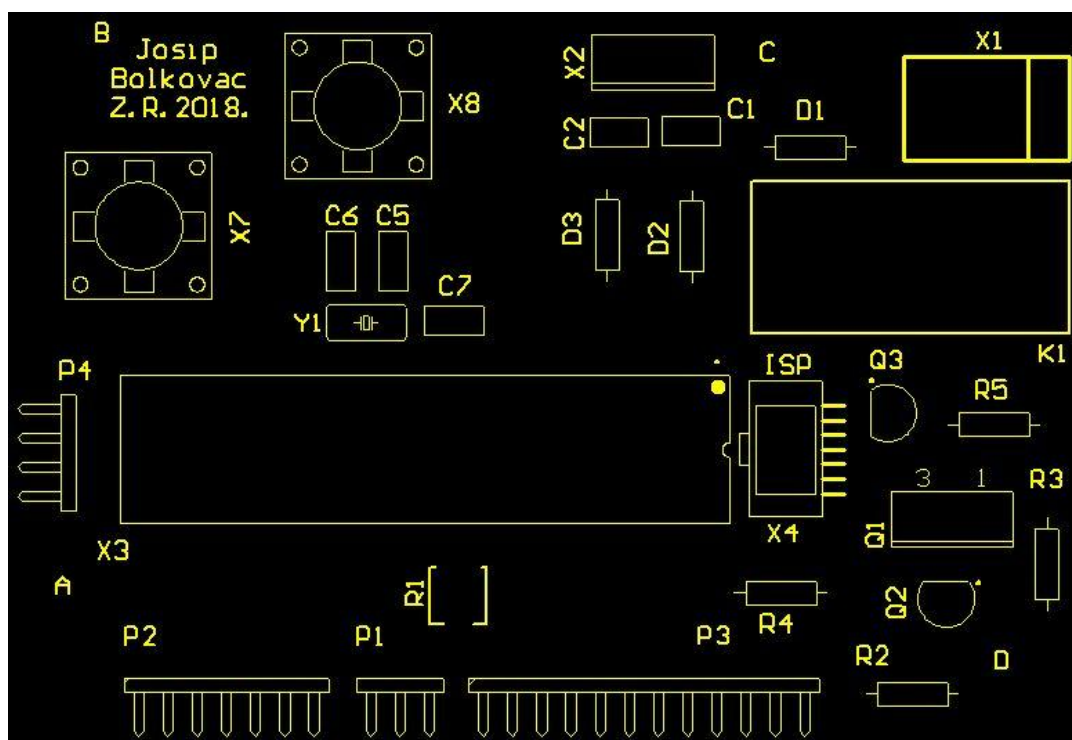
Zaštita lemnih mjesta za SMD dijelove jedina je razlika između gornjeg i donjeg sloja.

3.2.3. Sloj za rezanje

Ovaj sloj služi samo za izrezivanje pločice i sadrži dimenzije koje se učitavaju u stroj za rezanje.

3.2.4. Gornji sloj s oznakama

Sloj s oznakama služi lakšem postavljanju elektroničkih dijelova na dovršenu tiskanu pločicu. Na njemu su obrisi veličina dijelova koji se rabe i njihov položaj i usmjerenje na pločici. Pored svakog obrisa nalazi se oznaka dijela zadana u shemi sklopa. Sloj može sadržavati i druge informacije, poput namjene sklopa, potpisa osobe koja je oblikovala shemu ili datuma izrade. Sloj prikazan slikom 14. sadrži sve navedeno.



Slika 14. Gornji sloj s oznakama

3.3. Cijena izrade

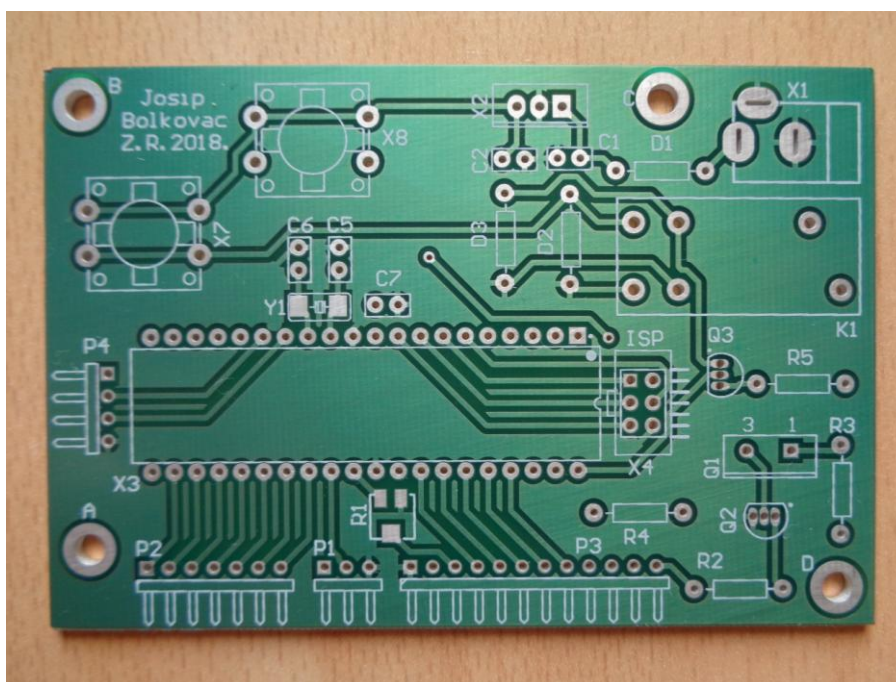
U cijenu izrade tiskane pločice ulazi broj pločica i izrada filmova za tu pločicu, kao što se vidi iz tablice 5. Ako se shema pločice ne mijenja, proizvođaču se pri svakoj izradi poslije prve pločice mogu dati filmovi za izradu pločice, što pojeftinjuje proces.

Tablica 5. Cijena izrade

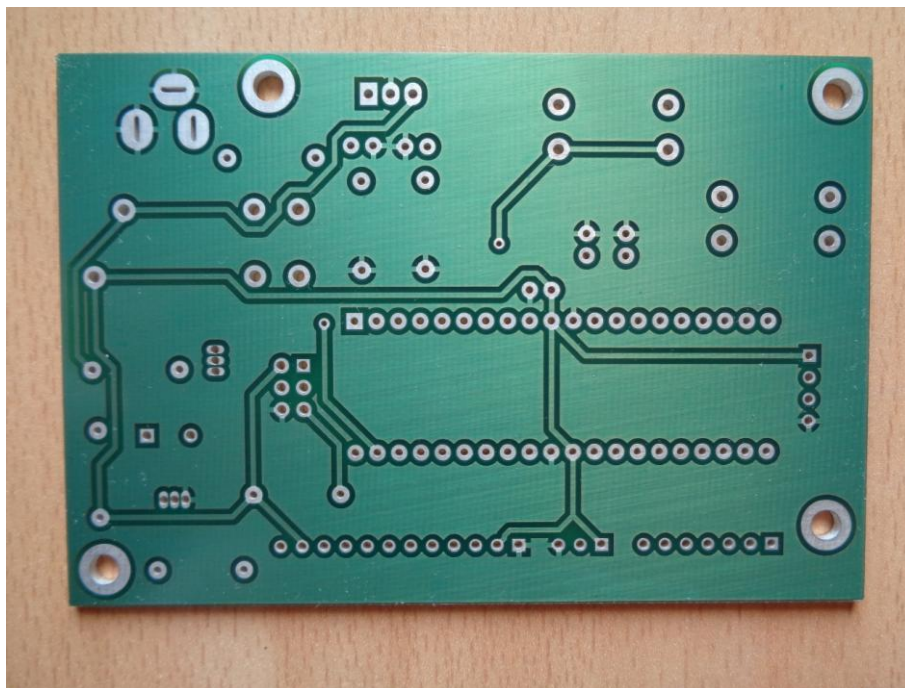
Usluga	Proizvođač	Jedinična cijena (kn)	Količina	Ukupna cijena (kn)
Izrada tiskane pločice	Markovac d.o.o.	114,69	2 kom.	229,38
Fotopriprema	Markovac d.o.o.	160,43	-	160,43
				389,81

3.4. Izrađena tiskana pločica

Gotova tiskana pločica prikazana je na slikama 15. i 16.



Slika 15. Gornja strana tiskane pločice



Slika 16. Donja strana tiskane pločice

4. LEMLJENJE

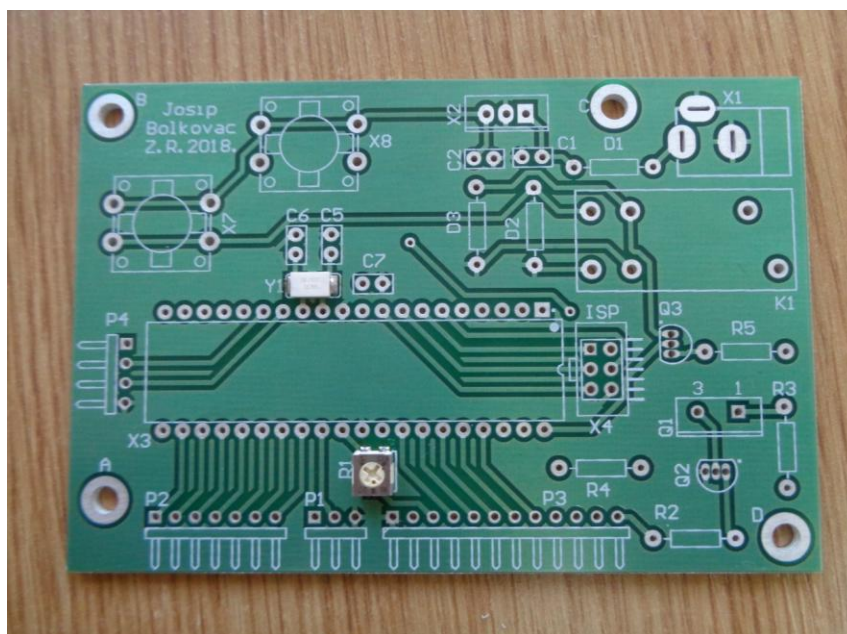
Lemljenje je, kao što je ranije spomenuto, postupak spajanja elektroničkih dijelova s tiskanom pločicom. Njime se dijelovi mehanički učvršćuju i osiguravaju od odvajanja. Svojstvo vodljivosti lema, veznog materijala, omogućuje električko spajanje dijelova s bakrenim vodovima i ostvarivanje strujnih krugova.

Ručno lemljenje počinje od najmanjih dijelova i napreduje prema većima. Time se izbjegavaju poteškoće s postavljanjem dijelova na pločicu i problemi s dovođenjem lemilice u željeni položaj. Pastom za čišćenje održava se čistoća vrha lemilice i time se osigurava homogenost i čistoća lema u spojevima.

Lemilicom se prvo zagrije vezno mjesto i potom se tamo prisloni lemna nit. Lem se otopi, proširi po kositrenoj površini i procuri kroz rupu u koju je utaknuta nožica elektroničkog dijela. Kad se stvrdne, ostvaruje se mehanički i električki spoj.

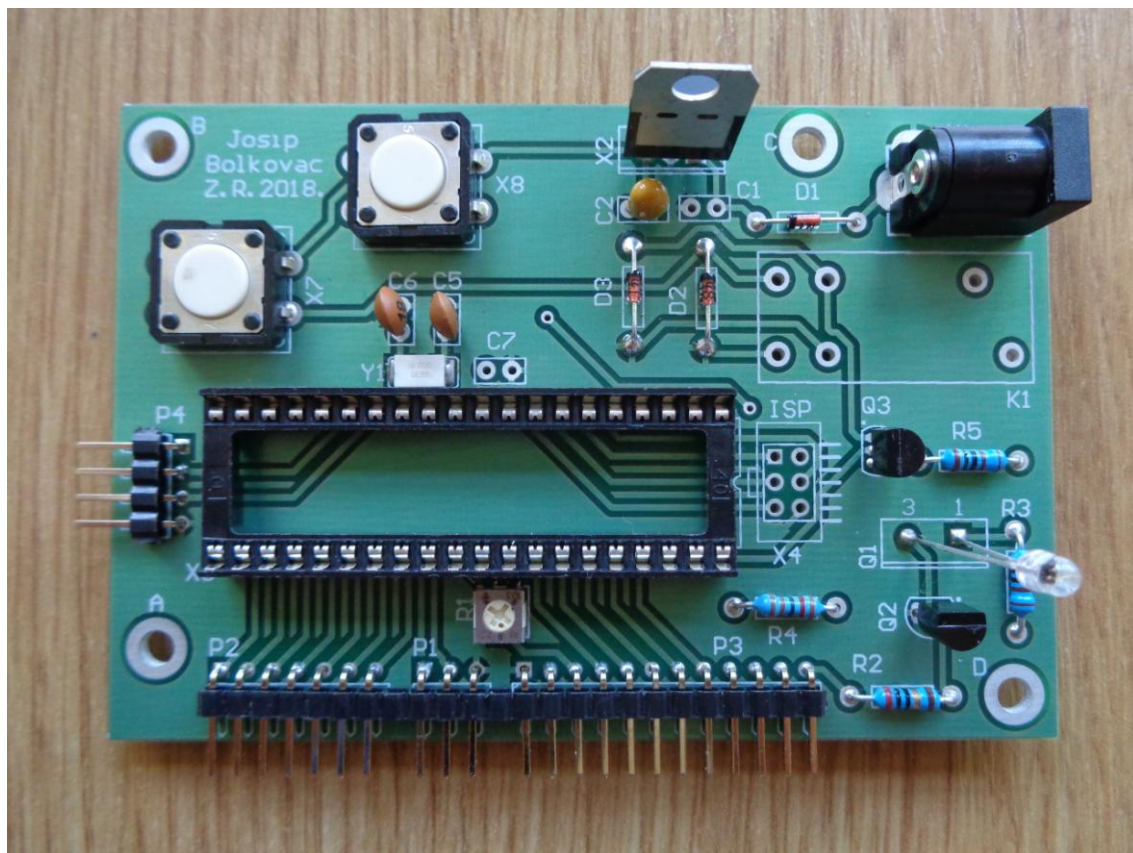
Mora se paziti kod taljenja lema kako se nevezani kontakti ne bi slučajno spojili i uzrokovali kratki spoj pri prvom paljenju pločice.

Na pločicu su prvo zalemljeni SMD dijelovi. Oni su sitni i teško ih je lemiti kad se na pločicu postave veći dijelovi, posebno zbog gotovo nemogućeg pristupa lemilicom. Slika 17. prikazuje promjenjivi otpornik i oscilirajući kristal na svojim mjestima.



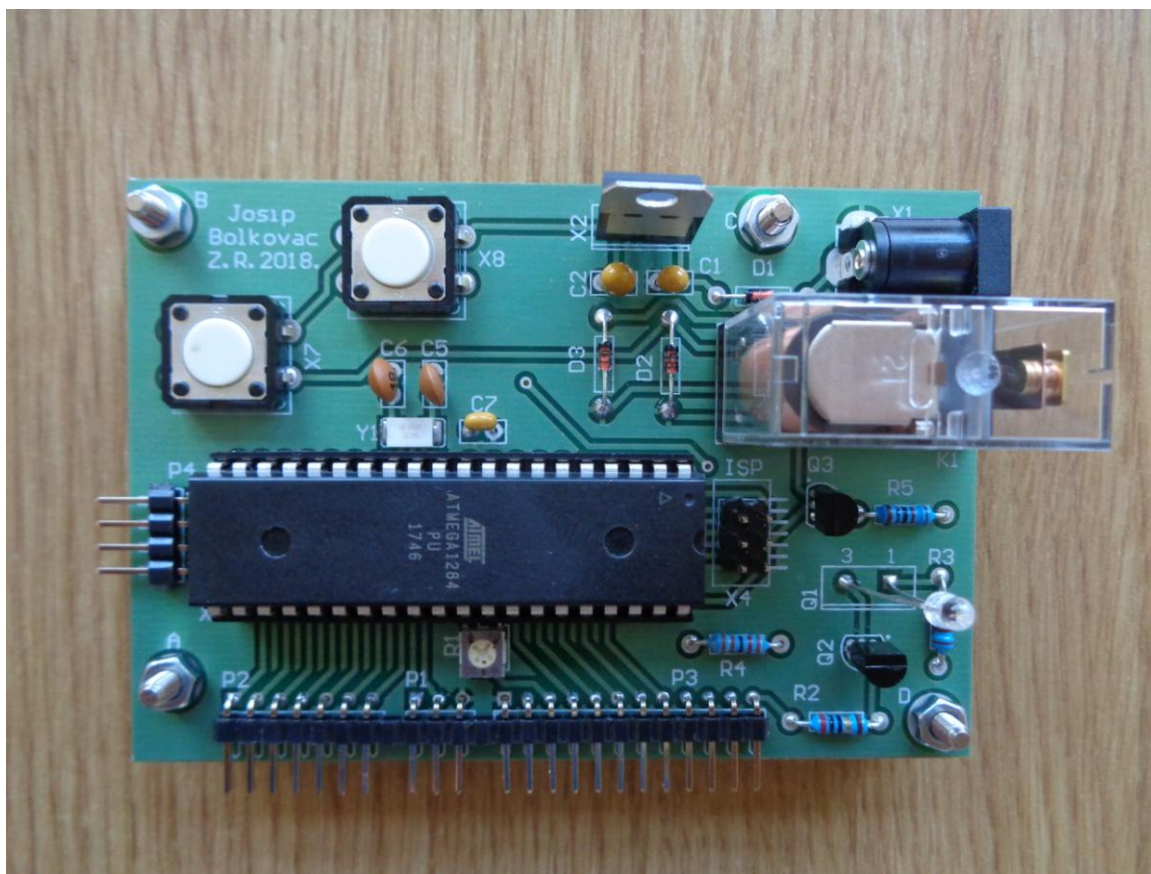
Slika 17. Zalemljeni SMD dijelovi

Otpornici, diode, kondenzatori, tranzistori i priključci za vanjske uređaje zalemljeni su u drugom koraku. Na rubu pločice zalemljeni su i naponski priključak i ispravljač napona jer ne smetaju pri daljnjem lemljenju, kao što se vidi na slici 18.



Slika 18. Drugi korak lemljenja

Zadnji su zalemljeni relej, ISP priključak i dva preostala kondenzatora. Na slici 19. vidi se dovršena pločica s postavljenim mikroprocesorom.



Slika 19. Dovršena pločica

5. KUĆIŠTE

Izrađeni sklop i ostali dijelovi uređaja moraju se smjestiti u odgovarajuće kućište, a pošto se ne može kupiti gotovo rješenje, potrebno je izraditi vlastito. Drvena kutijica s poklopcem na šarkama i prozorčićem, prikazana na slici 20, dobro će poslužiti kao osnova za kućište. Dobavljač i cijena navedeni su u tablici 6.

Tablica 6. Cijena kutijice

Proizvod	Dobavljač	Količina	Cijena (kn)
Drvena kutija 14 x 15 x 5 cm	O ertissima d.o.o.	1 kom.	23,00



Slika 20. Drvena kutijica

Tiskana se pločica osigurava vijcima i za njih su u donjem desnom dijelu dna kutije izbušene četiri rupe širine 3 mm, prikazane na slici 21. Raspored rupa određen je mjestima za odstoynike na tiskanoj pločici. Slika 22. prikazuje osiguranu tiskanu pločicu.

Pločica je odmaknuta od desnog zida kutije kako se priključak za USB adapter ne bi nalazio u izravnom dodiru s njim i tako se oštetio.



Slika 21. Rupe za vijke



Slika 22. Osigurana tiskana pločica

Izvor napona, baterija od 9 volta, mora biti blizu naponskog priključka na tiskanoj pločici. Lijevo od pločice ima dovoljno mjesta za smještaj baterije i tamo su silikonskim ljepilom zalijepljene drvene pregrade koje sprječavaju pomicanje baterije po kućištu. Položaj pregrada prikazan je na slici 23. , a smještaj baterije spojene na tiskanu pločicu na slici 24.

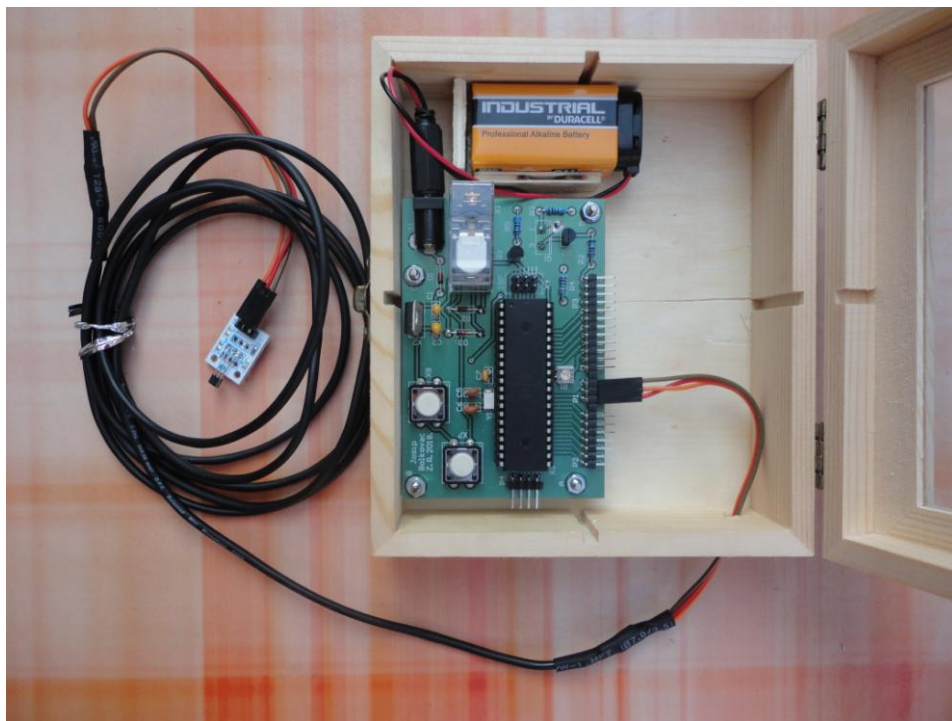


Slika 23. Drvene pregrade



Slika 24. Uležištena baterija

Ključni dio uređaja, Hallov magnetni senzor, ne nalazi se u kućištu i s tiskanom pločicom mora biti spojen preko kabela. Kabel u kućište ulazi kroz rupu izbušenu u desnom zidu kutijice, kao što se vidi na slici 25. U samom su kabelu tri žice, po jedna za napon, uzemljenje i signal.



Slika 25. Hallov senzor spojen na pločicu

Prozorčić na kućištu postaje jasan kad se u obzir uzme LCD zaslon. Korisnik mora imati jasan pregled vrijednosti brzine i puta koje se ispisuju na zaslonu. Sam LCD zaslon također mora biti zaštićen od okolišnih uvjeta, a jedna od njegovih značajki traži prodor svjetla do tiskane pločice: pozadinsko osvjetljenje. Kako bi se ono samostalno mijenjalo s količinom danjeg svjetla, na pločicu je postavljen optotranzistor. U sprezi s PNP tranzistorom, optotranzistor dovodi više napona kad ima manjeg svjetla i obrnuto.

LCD zaslon nalazi se s unutarnje strane prozorčića i učvršćen je silikonskim ljepilom, što je vidljivo na slici 26.



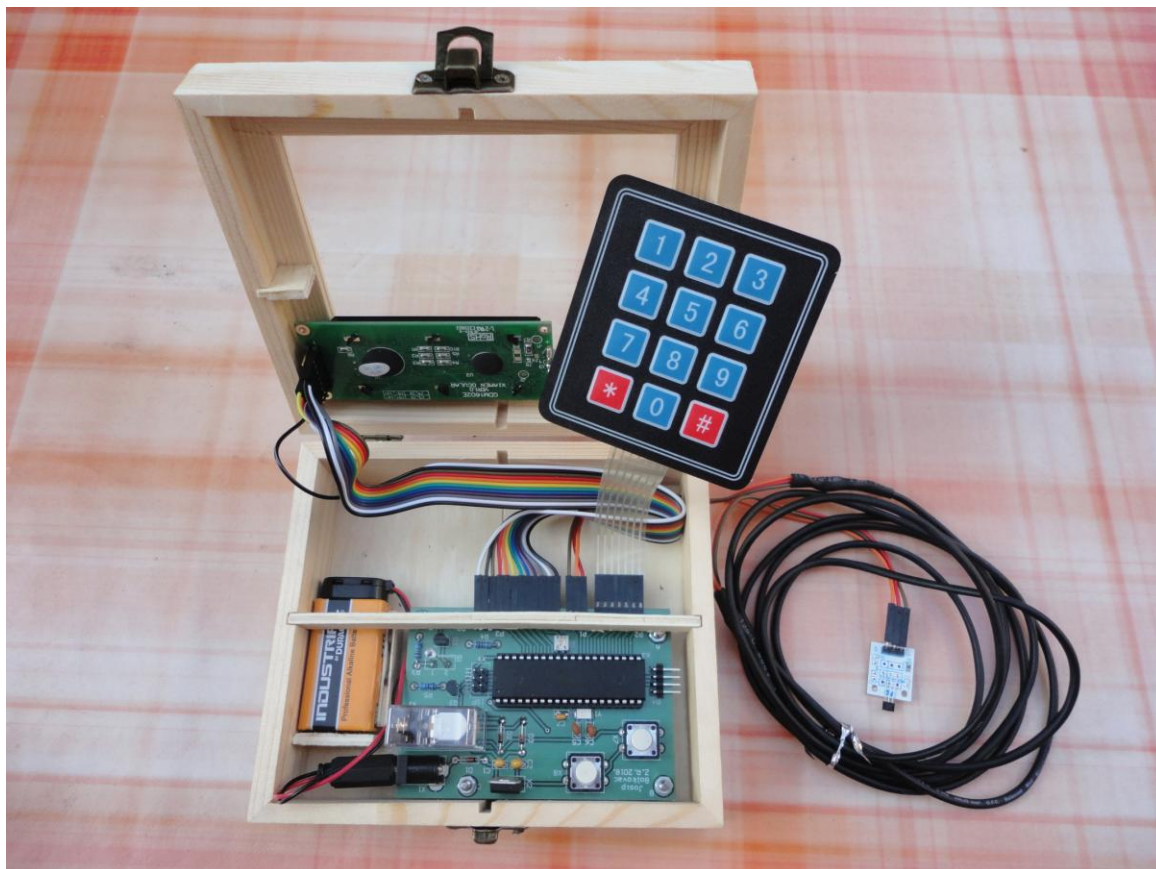
Slika 26. LCD zaslon

Posljednja dorada kućišta je komadić letvice zalijepljen za poklopac. Kad se kutija zatvori, taj se komadić nalazi iznad baterije i pritišće dugačku letvicu koja time drži tu bateriju i sprječava njeno ispadanje iz ležišta. Dugačka letvica nije zalijepljena za kućište jer se baterija i tiskana pločica moraju moći izvaditi iz kućišta.

adnji dio uređaja je matična tipkovnica. Prije spomenuta dugačka letvica drži tipkovnicu iznad osjetljivih elektroničkih dijelova na tiskanoj pločici kad nije u upotrebi. Nije

pričvršćena za kućište jer ima malu masu i ne predstavlja opasnost za sebe i druge dijelove prilikom rada uređaja.

Stvari opisane u prethodna dva odlomka mogu se vidjeti na slici 27.



Slika 27. Matrična tipkovnica

Na slici 28. prikazano je zatvoreno kućište. Tipkovnica ne smeta optotranzistoru, zaslon se jasno vidi i svi su dijelovi zaštićeni od vanjskih uvjeta. Korisniku je dan jasan pregled uređaja kad se postavi na volan bicikla. Kućište se otvara kad korisnik želi pristupiti tipkovnici.



Slika 28. Zatvoreno kućište

6. PROGRAM

Program je pisan C programskim jezikom, a na mikroprocesor je stavljen pomoću programatora. 7

Pri pokretanju se prvo inicijaliziraju svi *portovi* i postave se u odgovarajuće uloge, ulaze ili izlaze. Nakon učitavanja promjera kotača d iz EEPROM memorije, program čeka prvi signal s Hallovog senzora kako bi pokrenuo mjerenje vremena i programsku petlju. Programska petlja ispisuje vrijednosti puta i brzine na LCD zaslonu i izvodi se za vrijeme rada uređaja. Također prati je li na tipkovnici pritisnuta tipka za prijelaz na prikaz ukupnog puta i podešavanje promjera kotača. 8 9

Program ima tri prekidačka ili *interrupt* potprograma. Prvi služi izračunu vrijednosti, drugi resetira *timer* kada dođe do *overflowa*, a treći gasi uređaj.

Prvi se prekidački potprogram pokreće kad mikroprocesor registrira signal poslan s Hallovog senzora. U tom se trenutku uzimaju vrijednost *timera* i broj resetiranja istog zbog *overflowa*. Iz tih se vrijednosti izračunava vrijeme koje je proteklo od prošlog do trenutnog signala. Nakon toga se obje vrijednosti resetiraju na nulu.

Kad se to obavi, na dotad prijeđeni put s dodaje se opseg kotača koji se izračunava iz njegovog promjera (1). Brzina se izračunava dijeljenjem opsega kotača dobivenom vrijednošću vremena iz prvog dijela potprograma(2).

$$s = s + d * \pi * 254 \quad (1)$$

$$v = \frac{d * \pi * 254}{t} \quad (2)$$

Ovdje izračunate vrijednosti ispisuju se na LCD zaslon naredbama u glavnom dijelu programa. Promjer se množi brojem 254 jer se time iz *incha* dobivaju metri.

Drugi se potprogram pokreće svaki put kad nastupi *overflow*. On samo broji koliko je puta došlo do *overflowa* i resetira *timer* na nulu.

Treći potprogram isključuje uređaj. Kad se pritisne tipka za isključivanje i mikroprocesor registrira taj signal, učitava se vrijednost ukupnog prijeđenog puta s_{uk} iz EEPROM memorije. Njoj se pribraja trenutno prijeđeni put s i sprema ju se natrag u EEPROM memoriju. Potprogram ovdje ima zadržku od 50 milisekundi jer je EEPROM memorija spora i

time se osigurava dovoljno vremena za zapisivanje podataka. Potprogram potom šalje vlastiti signal u strujni krug koji upravlja gašenjem releja i ulazi u beskonačnu petlju dok se relej ne isključi, a s njim i cijeli uređaj.

Isključivanjem uređaja gube se sve vrijednosti koje nisu zapisane u EEPROM memoriji. Prilikom sljedećeg paljenja uređaja, program se nanovo pokreće i uređaj je spreman za rad.

Što se tiče dijela dijela programa kojim se pristupa prikazu ukupnog puta i izmjeni promjera kotača, opisan je ovdje. Pritiskom na zvjezdicu (*) na matričnoj se tipkovnici ispisuje ukupni put na zaslonu. Ta se vrijednost učitava iz EEPROM memorije i predstavlja put prevaljen od prvog paljenja uređaja do trenutka kad se pritisnula zvjezdica. Unos promjera kotača uključuje se pritiskom na ljestve (#) nakon zvjezdice. Uneseni se promjer potvrđuje ponovnim pritiskom na ljestve i sprema u EEPROM memoriju. vjezdicom se izlazi iz ovog potprograma.

7. RAD UREĐAJA

Uređaj se pokreće pritiskom na tipku koja provodi napon do zavojnice releja. Releji ostvaruje kontakt i dovodi napon na mikroprocesor, LCD zaslon i Hallov senzor. Mikroprocesor izvršava svoju inicijalizaciju, pokreće program i čeka prvi signal s Hallovog senzora.

Hallov je senzor postavljen na okviru zadnjeg kotača. Tamo očitava prolazak magneta koji je postavljen na samom kotaču. Nedostatak uređaja leži u nemogućnosti određivanja položaja kotača do prvog signala i nakon zadnjeg signala, tj. dok se magnet na kotaču ne dovede blizu senzora. Time se gubi i mali dio prijeđenog puta.

Uređaj izračunava i prikazuje brzinu i put na LCD zaslonu. Kućište s tiskanom pločicom i zaslonom postavljeno je na volanu bicikla kako bi korisnik mogao očitavati vrijednosti na zaslonu i rukovati samim uređajem.

Promjer gume postavlja se jednom za određeni bicikl. Treba paziti na novi promjer gume ako se uređaj premješta na novi bicikl.

Ukupan se put može provjeriti bilo kad, ali to prekida rad uređaja i ako se napravi tijekom vožnje, ma kako mala vjerojatnost za to, gube se mjerenja. Uostalom, za pristup vrijednosti ukupnog puta mora se otvoriti kućište, a to je opasno napraviti i za uređaj, i za korisnika.

Kad je vožnja završena i uređaj više nije potreban, isključuje se pritiskom na drugu tipku. Mikroprocesor, kao što je već objašnjeno, sprema bitne podatke i sam gasi relej, a time i cijeli uređaj.

Uređaj nije precizan zbog velike diskretizacije vrtnje kotača i zato što senzor ne registrira svaki prolaz magneta. To se zbiva zbog titranja bicikla prilikom vožnje, što dovodi do problema s očitavanjem magnetskog polja magneta. Hallov senzor mora očitati dovoljno jako magnetsko polje da bi poslao signal, a jačina to polja ovisi o udaljenosti magneta od senzora. Potrebno je poraditi na pouzdanosti očitavanja magneta.

Od korisnika se očekuje briga o uređaju. Mora se paziti da do elektroničkih dijelova ne dođe voda i da se uređaj ne udara jer je moguće trajno oštećenje uređaja i prestanak njegovog rada. Uređaj je samodostatan što se tiče izračuna vrijednosti, korisnik samo mora unijeti promjer kotača kad ga prvi put uključi.

8. ZAKLJUČAK

Izrada vlastitog digitalnog brzinomjera predstavlja pravi izazov. Raznovrsni problemi prilikom osmišljavanja, izrade i ispitivanja uređaja pokazuju kako nije ni jednostavno, ni je tino napraviti vlastiti brzinomjer.

Dosta se elektroničkih dijelova moralo naručiti izvana jer ih domaći dobavljači nisu imali u svojoj ponudi i bili su skupi. Tu se mogu navesti mikroprocesor, relej, ototranzistor, kristal za sat u mikroprocesoru i promjenjivi otpornik odgovarajuće veličine.

Pločica je skupo plaćena, ali kvaliteta je neupitna. Kod složenijih tiskanih pločica koje imaju povezane slojeve, bolje ih je dati na izradu profesionalnom proizvođaču. Filmovi koji se dobiju nakon prve izrade smanjuju cijenu budućih izradaka, pod uvjetom da se ništa ne mijenja, kao što je objašnjeno u poglavlju 3.

Cijena je problem u maloserijskoj proizvodnji. Kad se zbroje ukupne cijene tablica 4. , 5. i 6., dolazi se do 751,24 kune, a to je za ovakav uređaj previše. U cijenu bi se još trebalo uračunati vrijeme proizvodnje i utrošena energija, ali u ovom je slučaju to nemoguće napraviti. Kad bi se ovakav brzinomjer proizvodio masovno, možda bi se i isplatio, no postoje i drugi problemi s kojima se suočava.

Problem s digitalnim brzinomjerom i putomjerom je grubost mjerenja koje je sposoban obaviti. Na temelju diskretiziranog signala s Hallovog magnetskog senzora mogu se izračunati tražene vrijednosti, ali što je dulje uređaj uključen, greška mjerenja je veća. Put nije točan već u početku jer se izračunava preko izraza koji ima stalni promjer gume, a on se mijenja ovisno o temperaturi, težini biciklista i napunjenosti gume.

Brzina je također samo približno točna jer je vrijeme kojim se dijeli put prijeđen za jedan okret kotača, tj. njegov opseg, kraće od stvarnog vremena između dva signala. Vrijeme između kraja prethodnog i početka trenutnog signala kraće je od vremena između početaka dvaju signala i smanjuje se što je bicikl brži, ali i dalje postoji razlika. Treba spomenuti i grešku zaokruživanja izračunate vrijednosti.

Druga je krajnost ako bicikl ide vrlo sporo. Izračunata vrijednost brzine toliko je mala da nije prikaziva i mora se opisati nulom, što nije slučaj. Ograničenje broja znamenki prikazivih na LCD zaslonu također uvjetuje kolika se vrijednost može ispisati.

Iz navedenih ograničenja samog uređaja i skupoće njegove izrade, dade se zaključiti kako je izrada vlastitog brzinomjera dobra pustolovina, ali i skup pothvat koji zahtijeva mnogo više znanja nego što se na početku rada očekivalo.

LITERATURA

- 1 *Atmel, 8-bit AVR Microcontrollers, ATmega1284, DATASHEET COMPLETE*, http://www.atmel.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42718-ATmega1284_Datasheet.pdf, 16. 9. 2018.
- 2 *PCB Power Relay – G2R*, www.arnell.com/datasheets/1648376.pdf, 16. 9. 2018.
- 3 *Velleman VMA313*, https://www.velleman.eu/downloads/29/vma313_a4v01.pdf, 20. 9. 2018.
- 4 *Xiamen Ocular GDM1602E-FL-YLW*, <http://www.xmocular.com/Upload/Character/GDM1602BFLYB-19063625075.pdf>, 20. 9. 2018.
- 5 *Velleman VMA300*, https://www.esr.co.uk/manuals/vma300_a4v01.pdf, 20. 9. 2018.
- 6 Nastavna literatura iz predmeta Projektiranje mikroprocesorskih sustava, ak. god. 2016/
- 7 Domagoj Kusalić, *Napredno programiranje i algoritmi u C-u i C++-u*, Element d.o.o., Zagreb, 2010.
- 8 *2017Getting started with Atmel Studio 7*, <http://atmel-studio-doc.s3.amazonaws.com/ebhelp/GUID-54E8AE06-C4C4-430C-B316-1C19714D122B-en-US-1/index.html> GUID-00257F02-E33C-40C3-B324-83DBCC05EC30, 20. 9. 2018.
- 9 *The AVR Microcontroller Digital I/O Ports*, <http://www.avr-tutorials.com/digital/about-avr-8-bit-microcontrollers-digital-io-ports>, 20. 9. 2018.

PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija

